

## Kinerja Mesin *Spark Ignition* (SI) Berbahan Bakar Campuran Bensin-Metanol (M-20) Dan Bensin-Etanol (E-20) Pada Variasi Nilai Oktan

Yogi Pramudito, Maymuchar, Cahyo Setyo Wibowo, Riesta Anggarani, Dimaz Warahadi  
Nur Allif Fathurrahman dan Lies Aisyah

Kelompok Bahan Bakar dan Aviasi, KPPP Teknologi Aplikasi Produk,  
Balai Besar Pengujian Minyak dan Gas Bumi LEMIGAS

Jl. Ciledug Raya, Kav. 109 Cipulir, Kebayoran Lama, 12230, Jakarta Selatan, Indonesia

### ABSTRAK

#### Artikel Info:

Naskah Diterima:  
21 Maret 2022

Diterima setelah  
perbaikan:  
23 Maret 2022

Disetujui terbit:  
29 Maret 2022

#### Kata Kunci:

Etanol  
Metanol  
Karburator  
Kinerja Mesin  
Emisi  
*Ethanol*  
*Methanol*  
*Carburetor*  
*Engine Performance*  
*Emissions*

Bahan bakar alkohol seperti etanol dan metanol saat ini dianggap sebagai alternatif bahan bakar yang ramah lingkungan dan dapat digunakan untuk campuran dengan bahan bakar lain. Dalam penelitian ini, etanol dan metanol dicampurkan ke dalam bensin dengan nilai RON 88 dan RON 90 menjadi E-20 dan M-20. Selanjutnya digunakan dalam sepeda motor uji dengan sistem pengapian busi empat langkah satu silinder dengan karburator untuk mendapatkan keluaran kinerja mesin seperti daya, torsi, konsumsi bahan bakar dalam satuan liter/km dan emisi gas buang untuk putaran rendah. Hasil pengujian menunjukkan bahwa daya dan torsi bahan bakar campuran E-20 lebih tinggi dibandingkan M-20, sedangkan konsumsi bahan bakar untuk variasi kecepatan 40 km/jam, 60km/jam dan 80km/jam bahan bakar campuran M-20 lebih tinggi dibandingkan E-20. Tingkat emisi CO yang dihasilkan M-20 lebih rendah dibandingkan E-20, namun tingkat emisi HC yang dihasilkan M-20 lebih tinggi dibandingkan E-20.

### ABSTRACT

Alcoholic fuels such as ethanol and methanol are currently considered alternative fuels that are environmentally friendly and can be used to blend with other fuels. In this study, ethanol and methanol were mixed into gasoline with RON 88 and RON 90 values to become E-20 and M-20. Furthermore, it is used in a test motorcycle with a single-cylinder four-stroke spark plug ignition system with a carburetor to obtain engine performance outputs such as power, torque, fuel consumption in liters/km, and exhaust emissions for low revs. The test results show that the power and torque of the mixed fuel E-20 are higher than the M-20, while the fuel consumption for variations in the speed of 40 km/hour, 60km/hour, and 80km/hour for the mixed fuel M-20 is higher than the E-20. The CO emissions are produced by the M-20 are lower than the E-20, but the level of HC emissions produced by the M-20 is higher than the E-20.

## PENDAHULUAN

Mesin pembakaran dalam (*Internal Combustion Engine*) sebagian besar masih menggunakan bahan bakar fosil. Meningkatnya harga biaya dan permintaan energi bersih terhadap lingkungan serta penurunan cadangan bahan bakar berbasis fosil sehingga harus dilakukan upaya untuk mencari sumber energi alternatif. Pada saat ini, bahan bakar yang berbasis alkohol seperti metanol dan etanol lebih mudah digunakan sebagai sumber energi alternatif untuk mesin pembakaran dalam, (Badwal dkk, 2015, Sileghem, Louis, dkk, 2015). Metanol dan etanol memiliki nilai oktan yang lebih tinggi, kandungan oksigen yang tinggi, dan dianggap sebagai bahan bakar terbarukan. Mesin hanya perlu sedikit dimodifikasi untuk menggunakannya (Li, Jun dkk, 2010). Dengan modifikasi yang tepat, etanol dan metanol dapat menggunakan rasio kompresi yang lebih tinggi tanpa ketukan serta menghasilkan emisi gas buang yang lebih rendah dibandingkan bensin (Yousufuddin, Syed dan Mehdi S. N., 2008). Metanol dan etanol juga memiliki tingkat penguapan panas yang dapat mendinginkan udara yang masuk ke mesin dan meningkatkan efisiensi volumetrik dan daya mesin (Xie, Fang-Xi dkk, 2013). Di sisi lain, metanol dan etanol juga memiliki efek negatif seperti start penyalaan awal dan nilai kalor bahan bakar yang lebih rendah (Kar, K., Cheng, W., & Ishii, K. 2009). Saat ini para peneliti sudah membuat banyak penelitian tentang penggunaan bahan bakar alkohol dalam keadaan murni atau sebagai campuran dalam mesin bensin atau mesin *Spark Ignition* (SI).

Hsieh dkk. (2002) mempelajari kinerja dan emisi gas buang dari mesin SI menggunakan campuran bensin-etanol dengan variasi pencampuran 5%, 10%, 20%, dan 30% etanol. Hasil pengujian menunjukkan bahwa torsi dan konsumsi bahan bakar spesifik atau *Brake Specific Fuel Consumption* (BSFC) mengalami peningkatan saat menggunakan bahan bakar campuran dan emisi CO serta HC menurun karena efek kondisi *lean* pada campuran bahan bakar dan udara yang disebabkan oleh etanol. Yanju dkk. (2008) menggunakan campuran bensin-metanol pada variasi pencampuran 10%, 20%, dan 85% metanol dalam mesin SI untuk memeriksa efek dari jenis bahan bakar pada performa mesin dan emisi gas buang. Hasilnya menunjukkan bahwa *Brake Thermal Efficiency* meningkat, emisi CO dan NO<sub>x</sub> menurun seiring dengan peningkatan persentase metanol pada campuran bahan bakar. Optimasi kinerja campuran bahan bakar etanol dan bensin RON 88,

92, dan 98 dengan perubahan durasi injeksi dan waktu pengapian dari mesin SI juga dilakukan oleh C. S. Wibowo, dkk (2020) dengan hasil penelitian menunjukkan bahwa torsi dan daya mesin memiliki nilai tertinggi ketika bensin dicampur dengan etanol 30% dan waktu pengapian dibuat 2° CA (*Crank Angle*) lebih maju pada kondisi durasi injeksi standar.

Dari tinjauan literatur jelas bahwa metanol dan etanol memiliki potensi yang sangat besar sebagai campuran bensin dan bahan bakar alternatif. Bahan bakar bensin di Indonesia saat ini memiliki variasi nilai RON sebagai berikut; RON 88, RON 90, RON 91 dan RON 98. Kebutuhan angka okтана untuk kendaraan bermotor bermesin bensin di Indonesia dari studi yang dilakukan oleh C. S. Wibowo, dkk (2015) sebanyak 52,21% disarankan menggunakan bahan bakar bensin RON 92, untuk bensin RON 95 berjumlah 28,32% dan 19,47% kendaraan direkomendasikan menggunakan bahan bakar bensin RON 88 dari data jumlah kendaraan sebanyak 113 tipe.

Pengaruh penggunaan campuran bensin alkohol pada mesin SI khususnya pada teknologi mesin SI berbasis *Electronic Fuel Injection* (EFI), dan teknologi lain seperti sistem karburator pada tingkat campuran lebih dari 10% pada korelasinya dengan variasi RON yang digunakan. Mesin berpendingin udara dan menggunakan sistem karburator menimbulkan efek negatif dalam hal efisiensi dan polusi lingkungan. Mesin-mesin SI memiliki dimensi yang lebih kecil dan perawatan yang lebih sering, hal ini terlihat pada teknologi yang menggunakan sistem injeksi, *Exhaust Gas Recirculation* (EGR), *catalytic converter*, dan lain-lain (Caulfield, S., & Amano, R. S., 2007, Arias, D. A. (2005) dan Koederitz, K. R. (2003). Dalam penggunaan sehari-hari, sekali dalam seminggu atau selama beberapa jam dalam 1 hari, emisi gas buang menghasilkan efek yang lebih signifikan pada pencemaran lingkungan karena mesin ini bekerja dengan campuran bahan bakar dan udara yang kaya, BSFC dan nilai emisi gas buangnya tinggi (meca.org, 2009).

(Liu dkk, 2007) menggunakan bensin dan campuran metanol-bensin sebagai bahan bakar pada eksperimen mesin tiga silinder. Campuran bensin-metanol pada variasi campuran 10%, 15%, 20%, 25% dan 30% metanol digunakan pada pengujian ini. Dari hasil pengujian, terlihat bahwa peningkatan campuran metanol dalam bensin menyebabkan penurunan torsi mesin dan daya. Eyidogan dkk,

(2011) secara eksperimental menganalisis pengaruh bensin tanpa timbal, etanol-bensin dan metanol-bensin pada rasio kompresi rendah untuk kinerja mesin, karakteristik pembakaran dan emisi gas buang. Hasil yang diperoleh dari pengujian *chassis dynamometer*, penggunaan bahan bakar campuran menyebabkan peningkatan nilai BSFC dan penurunan tingkat emisi. Çelik, M. B., & Balki, M. K. (2007) menggunakan etanol sebagai bahan bakar pada rasio kompresi tinggi untuk mengurangi emisi mesin bensin dan meningkatkan kinerja mesin dan menyimpulkan bahan bakar campuran bensin-etanol pada komposisi 50% etanol lebih baik dalam hal kinerja mesin dan emisi.

Koç, Mustafa, dkk (2009) menguji pengaruh dua rasio kompresi yang berbeda (10:1 dan 11:1) pada kinerja mesin dan emisi gas buang menggunakan bensin tanpa timbal dan campurannya dengan etanol pada variasi 50-85% v/v etanol. Hasil pengujian menunjukkan bahwa dengan rasio kompresi dan peningkatan kadar etanol dapat meningkatkan torsi mesin, daya dan BSFC. Selain itu terjadi penurunan emisi CO, NO<sub>x</sub> dan HC dibandingkan dengan bensin dasar. Pada penelitian ini, campuran bensin-metanol 20% v/v (M-20) dan bensin-etanol 20% v/v (E-20) dengan variasi bensin dasar pada RON 88 dan RON 90 diuji pada sepeda motor di bangku uji *chassis dynamometer* untuk mendapatkan data kinerja, konsumsi bahan bakar serta emisi yang dihasilkan.

## BAHAN DAN METODE

Penelitian ini pada dasarnya menggunakan metoda secara teoritik dan eksperimental yang terdiri dari tahap-tahap seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Seluruh pengujian dilakukan di Laboratorium Kelompok Bahan Bakar dan Aviasi, Lemigas. Bahan bakar yang digunakan pada penelitian ini adalah bensin dengan nilai RON 88 dan RON 90 yang dicampurkan dengan metanol dan etanol masing-masing dengan komposisi campuran 20 % v/v.

### Bahan dan Alat

#### • Kendaraan Uji

Sepeda motor satu silinder dengan sistem karburator tanpa modifikasi digunakan pada pengujian ini. Spesifikasi utama dari kendaraan uji

disajikan di Tabel 1. Kondisi kendaraan dilakukan pemeriksaan sebelum dilakukan pengujian dan tidak ada setelan khusus yang digunakan untuk rasio udara/bahan bakar serta waktu pengapian sama untuk penggunaan pada bahan bakar uji. Sistem karburator dipilih meskipun sepeda motor teknologi saat ini tidak lagi menggunakan karburator, meskipun demikian mesin karburator masih banyak dan digunakan dan dikembangkan, Banapurmath, dkk (2009), Murali Krishna, dkk. 2014). Selain itu, sistem bahan bakar karburator sangat sesuai untuk digunakan dalam pengujian dengan variasi campuran bahan bakar (Asfar, K. R., & Al-Azzam, R., 2001).

Tabel 1.  
Spesifikasi kendaraan uji

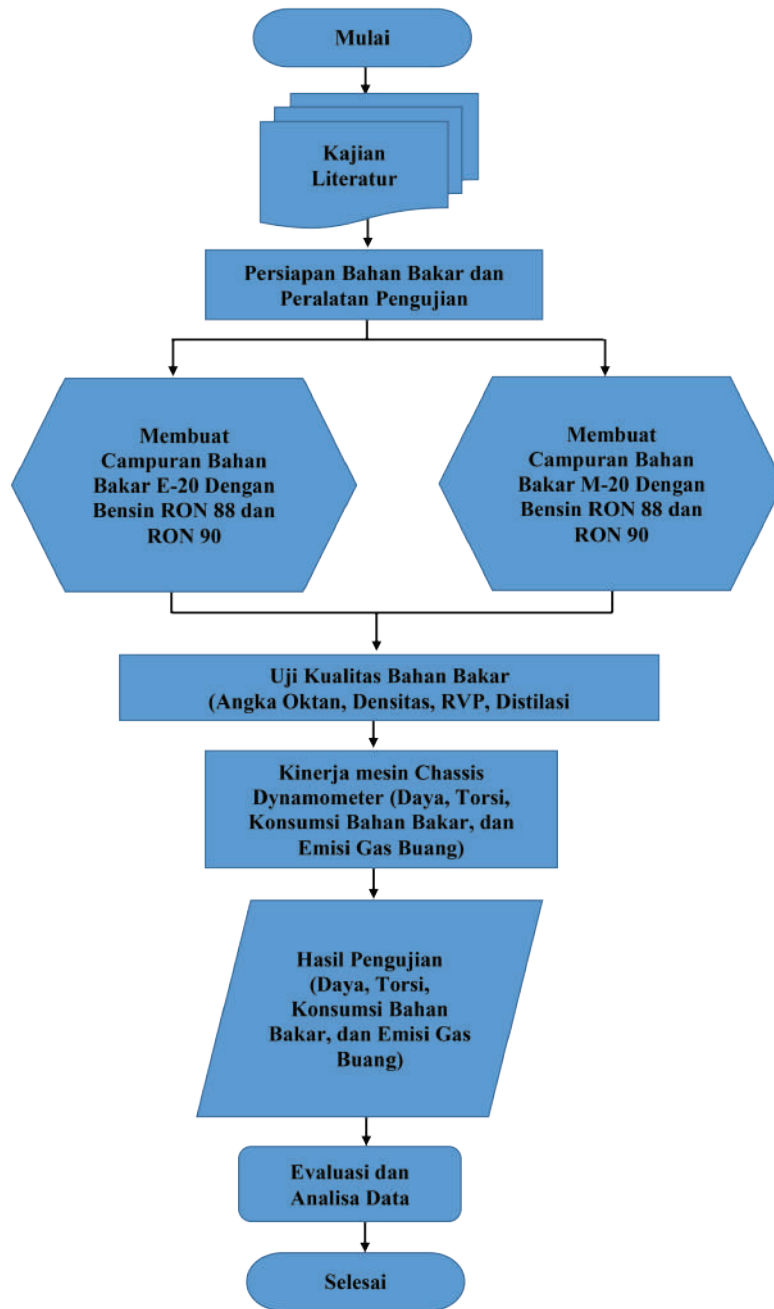
Tipe Mesin	4 Stroke, SI Engine, DOHC, Air Cooled
Silinder	1 (Single)
Volume	134,4 cc
Bore x Stroke	54,0 mm x 58,7 mm
Rasio Kompresi	10,9 : 1
Fuel Supply System	Carburator BS25-58 x 1

#### • Bahan Bakar Uji

Bensin dengan RON 88 dan RON 90 dan etanol serta metanol dengan tingkat kemurnian minimum 99,6% (*fuel grade*). Keempat bahan bakar tersebut dicampur menjadi dua campuran (%-volume), yaitu M20 (80% bensin+ 20%metanol) dan E20 (80% bensin + 20%etanol). Karakteristik bahan bakar campuran etanol dan metanol ditunjukkan pada tabel 2.

#### • Peralatan yang digunakan

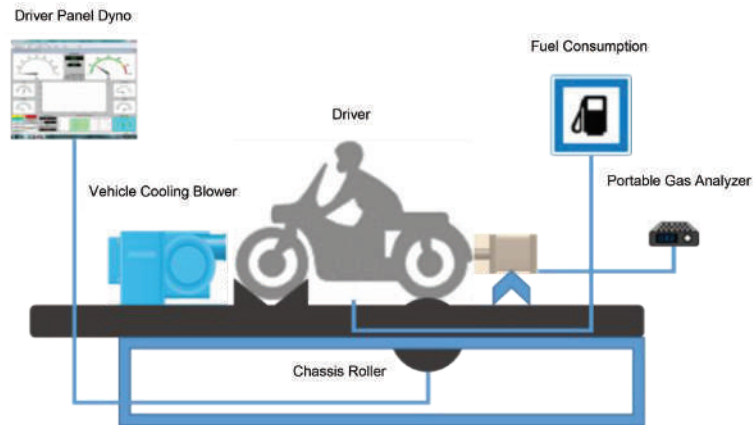
Skematik pengujian untuk percobaan ini ditunjukkan pada Gambar 2. Pengujian dilakukan pada *chassis dynamometer* dengan posisi roda belakang kendaraan dipasang pada *roller dynamometer* menggunakan pengaturan penahan dan roda depan harus dalam posisi terkunci. Pengujian secara eksperimen penggunaan bahan bakar berbasis alkohol juga dilakukan oleh P. Sakthivel dkk (2019) dengan menggunakan *chassis dynamometer* ukuran 54 kW. Parameter kinerja dilakukan untuk mendapatkan data torsi, daya, dan konsumsi bahan bakar spesifik, sedangkan parameter kualitas emisi diukur dalam pengujian ini adalah karbon dioksida (CO), karbon monoksida (CO<sub>2</sub>), dan hidrokarbon (HC).



Gambar 1  
Diagram alir penelitian

Tabel 2  
Hasil pengujian karakteristik bahan bakar

Karakteristik	Metode	Bensin 90	M20-90	E20-90	Bensin 88	M20-88	E20-88
Research Octane Number (RON)	ASTM D 2699	90,1	98,9	97,5	87,9	96,2	95,3
Distilasi 10% (°C)	ASTM D 86	54,2	45,6	51,8	54,2	44,8	51,3
Distilasi 50% (°C)		89,8	58,7	69,3	89,4	57,0	68,4
Distilasi 90% (°C)		170,4	168,5	156,4	161,6	156,4	156,4
Final Boiling Point (°C)		208,1	205,5	206,2	195,5	194,9	195,3
Reid Vapour Pressure (kPa)	ASTM D 5191	59,0	79,7	65,0	58,3	85,0	69,5
Density (15°C)	ASTM D 4052	725,4	737,4	738,5	715,7	730,1	727,5

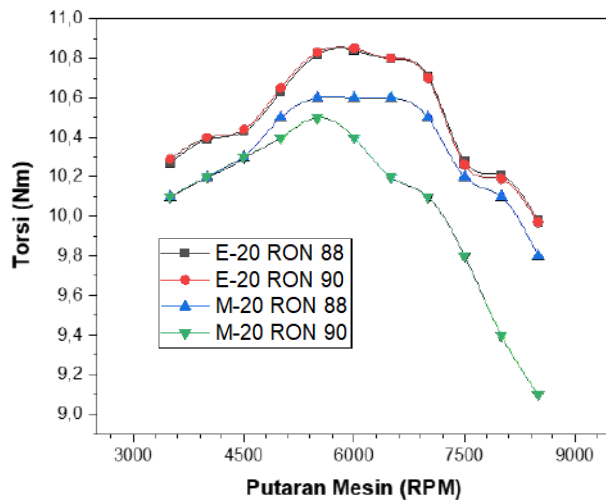


Gambar 2  
Skema pengujian

### HASIL DAN DISKUSI

Pada bagian ini, hasil kinerja, konsumsi bahan bakar serta emisi yang diperoleh dari bahan bakar uji dibahas untuk tiap parameter pengujian.

#### Torsi



Gambar 3  
Torsi mesin M-20 dan E-20 pada nilai RON 88 dan RON 90

Perbandingan nilai torsi pada variasi bahan bakar terhadap nilai oktan yang digunakan ditunjukkan pada gambar 3. Secara keseluruhan terjadi peningkatan nilai torsi seiring bertambahnya kecepatan putaran mesin dan mencapai nilai torsi tertinggi pada kecepatan 6000 RPM lalu mengalami penurunan pada kecepatan putaran 8000 RPM seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2. Penurunan torsi pada putaran mesin yang tinggi ini terjadi karena pengaruh *volume* campuran antara udara dan

bahan bakar yang cenderung berkurang dengan naiknya putaran (Kurdi, O., & Arijanto, A, 2007). Jika dilihat pada putaran 6000 RPM, nilai torsi tertinggi dihasilkan oleh campuran bahan bakar E-20 pada RON 88 sebesar 10,8 Nm dan RON 90 sebesar 10,9 Nm, sedangkan pada M-20 RON 88 nilainya sebesar 10,6 Nm maupun RON 90 dengan nilai 10,4 Nm sehingga menyebabkan penurunan nilai torsi maksimal yang dihasilkan. Torsi mesin menurun setelah mencapai titik maksimum bersama dengan peningkatan kecepatan mesin sesuai dengan yang dilakukan oleh M.K. Balki et al. (2015). Penurunan torsi pada bensin dasar lebih tinggi dibandingkan dengan bahan bakar campuran M-20 dan E-20. (Kurdi, O., & Arijanto, A, 2007) juga menjelaskan bahwa penurunan volume bahan bakar serta penurunan torsi diakibatkan oleh kenaikan torsi gesek (torsi untuk mengatasi hambatan gesek di dalam mesin) yang bertambah besar seiring dengan meningkatnya kecepatan piston saat bergerak naik – turun.

Tabel 2  
Nilai torsi mesin

Putaran Mesin (RPM)	Nilai Torsi (Nm)			
	Etanol		Metanol	
	RON 88	RON 90	RON 88	RON 90
	E-20	E-20	M-20	M-20
3500	10.3	10.3	10.1	10.1
4000	10.4	10.4	10.2	10.2
4500	10.4	10.4	10.3	10.3
5000	10.6	10.7	10.5	10.4

5500	10.8	10.8	10.6	10.5
6000	10.8	10.9	10.6	10.4
6500	10.8	10.8	10.6	10.2
7000	10.7	10.7	10.5	10.1
7500	10.3	10.3	10.2	9.8
8000	10.2	10.2	10.1	9.4
8500	10.0	10.0	9.8	9.1
9000	8.9	8.9	8.8	8.5

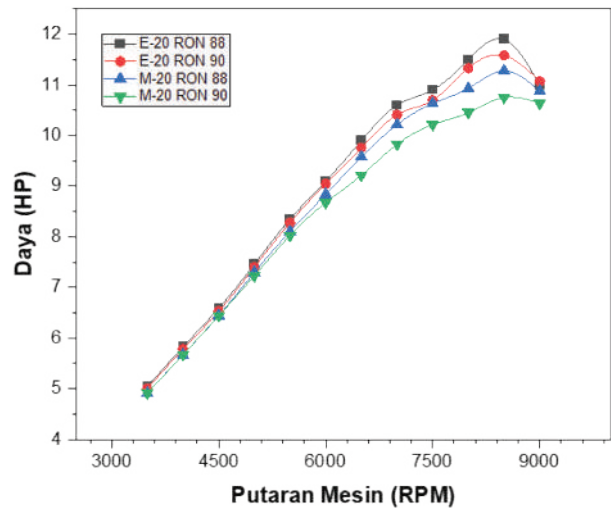
Tabel 3  
Nilai daya mesin

Putaran Mesin (RPM)	Nilai Daya (HP)			
	Etanol		Metanol	
	RON 88	RON 90	RON 88	RON 90
	E-20	E-20	M-20	M-20
3500	5.0	5.0	4.9	4.9
4000	5.8	5.8	5.7	5.7
4500	6.6	6.5	6.4	6.4
5000	7.5	7.4	7.3	7.2
5500	8.4	8.3	8.1	8.0
6000	9.1	9.0	8.8	8.7
6500	9.9	9.8	9.6	9.2
7000	10.6	10.4	10.2	9.8
7500	10.8	10.7	10.6	10.2
8000	11.5	11.3	11.2	10.5
8500	11.4	11.8	11.6	10.8
9000	11.0	11.1	11.0	10.6

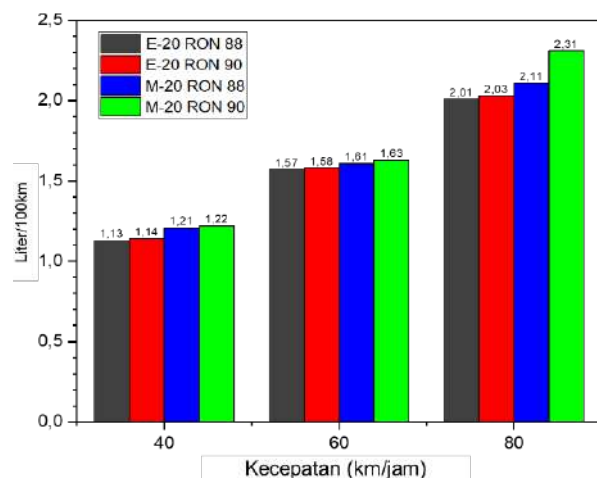
Pada gambar 4 terlihat nilai daya tertinggi dicapai pada kecepatan putaran 8500 RPM yang dihasilkan oleh E-20 dan M-20 pada bensin RON 88 dan RON 90 menyebabkan penurunan daya yang dihasilkan. Seiring dengan meningkatnya putaran mesin perbedaan nilai Daya mesin yang dihasilkan semakin jelas. Nilai Daya tertinggi dihasilkan oleh campuran bahan bakar E-20 pada RON 90 sebesar 11,8 Nm, sedangkan pada M-20 RON 90 dengan nilai 10,8 Nm sehingga ada perbedaan nilai yang menyebabkan penurunan nilai daya maksimal yang dihasilkan seperti yang disajikan lengkap pada Tabel 3. Penggunaan campuran etanol dan metanol pada kendaraan dengan sistem karburator memperlihatkan hasil kinerja yang berbeda, karena sistem karburator

membutuhkan penyesuaian perbandingan bahan bakar dengan udara sesuai kondisi mesin tertentu. Unjuk kerja dari mesin dengan menggunakan 20 % campuran methanol juga dilakukan oleh Sugiyanto, D. (2014) dengan hasil menunjukkan adanya penurunan nilai daya dan torsi yang lebih rendah. Wiyono, A., & Samsuri, A. S. N, 2018 melakukan pengujian dengan persentase ethanol dan methanol sebesar 6%, 12% dan 18 % dengan hasil menunjukkan campuran bahan bakar tersebut tidak menaikkan performa secara stabil pada Rpm tertentu dan kembali terjadi penurunan nilai.

Daya



Gambar 4  
Daya mesin M-20 dan E-20 pada nilai RON 88 dan RON 90



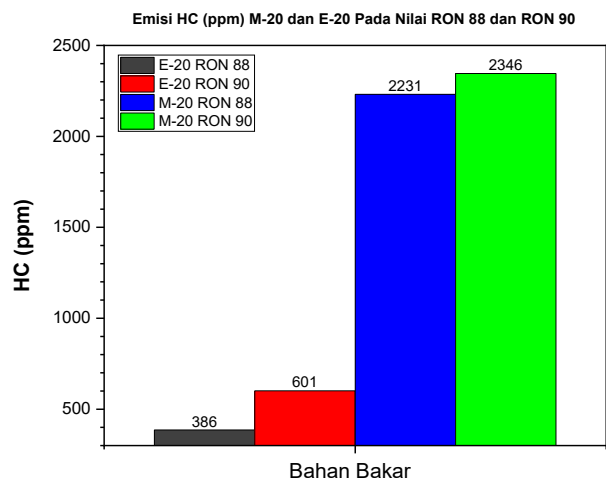
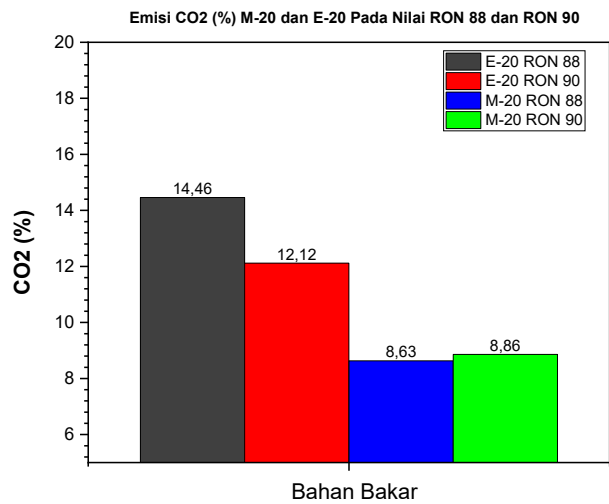
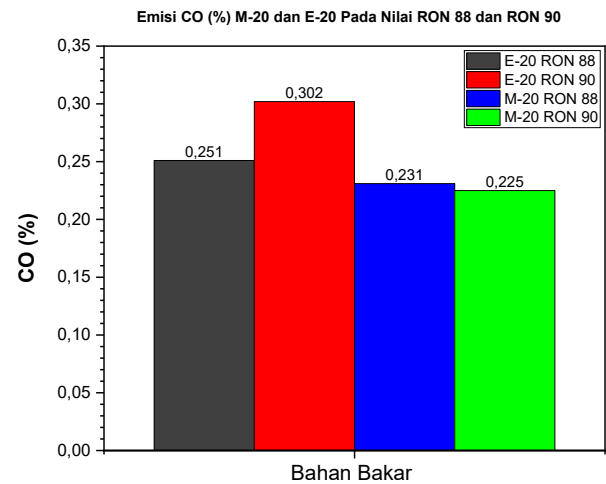
Gambar 5.  
Konsumsi bahan bakar M-20 dan E-20 pada nilai RON 88 dan RON 90

### Konsumsi Bahan Bakar

Pengaruh penggunaan bahan bakar campuran etanol dan metanol pada variasi nilai RON bensin yang digunakan terhadap konsumsi bahan bakar dapat dilihat pada gambar 5. Konsumsi bahan bakar cenderung meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah RON yang digunakan. Nilai LHV etanol dan metanol yang lebih rendah dari bensin dan berpengaruh pada konsumsi M-20 dan E-20 menjadi sekitar dua kali lipat dari bensin untuk mencapai energi panas yang sama dikeluarkan sehingga dari kondisi tersebut dapat menyebabkan terjadinya peningkatan nilai konsumsi bahan bakar, (P. Sakthivel dkk, 2019). Konsumsi bahan bakar spesifik yang lebih tinggi disebabkan oleh pengaruh dari nilai kalor bensin yang lebih tinggi dibandingkan nilai kalor metanol sehingga semakin banyak campuran metanol maka akan menurunkan panas pembakaran yang dibuktikan dengan lebih rendahnya temperatur gas buang pada 20 % metanol dibanding campuran 10 % metanol, (Sugiyanto, D. 2014). (Kurdi, O., & Arijanto, A, 2007) menggunakan metanol sebagai campuran bahan bakar yang hasilnya ternyata meningkatkan konsumsi bahan bakar. Hal ini disebabkan nilai kalor dari metanol yang hanya sebesar 19.933,82 kJ/kg.

### Emisi

Efek dari penggunaan bahan bakar campuran etanol dan metanol pada bensin untuk emisi CO, HC dan CO<sub>2</sub> terhadap putaran mesin secara *idle* dapat dilihat pada gambar 5. Dari gambar 5 terlihat bahwa emisi gas buang CO yang dihasilkan oleh M-20 lebih rendah dibandingkan E-20. Berkurangnya emisi CO yang dihasilkan dari penggunaan campuran metanol karena metanol mengandung sekitar 49,9% oxygen, sedangkan etanol mengandung 34,73% oksigen (P. Sakthivel dkk, 2019). Meskipun demikian, terjadi peningkatan untuk nilai HC pada penggunaan M-20 dibandingkan dengan E-20. Pada kondisi *stoichiometric* komposisi ini memiliki perbandingan udara dan bahan bakar yang bersifat *lean* karena pada mesin berkaburator sistem kontrol udara dan bahan bakar yang tidak ideal menyebabkan *stoichiometric* untuk kondisi ini sulit dicapai dan hal ini menyebabkan pembakaran menjadi tidak sempurna akibat rasio pembakaran yang tidak sesuai.



Gambar 6  
Emisi gas buang (CO, CO<sub>2</sub> dan HC)

## KESIMPULAN DAN SARAN

Pengaruh campuran etanol dan metanol terhadap bahan bakar menunjukkan adanya peningkatan nilai bilangan oktan untuk kedua bahan bakar pada masing-masing nilai RON yang diuji dalam penelitian ini. Kenaikan nilai oktan itu sendiri karena angka oktan etanol dan metanol yang lebih tinggi dari angka oktan bensin. Pengujian kinerja mesin pada sepeda motor uji dengan sistem pengapian busi empat langkah satu silinder dengan karburator, hasilnya menunjukkan bahwa mesin berbahan bakar E-20 menghasilkan keluaran daya yang relatif lebih tinggi dibandingkan dengan kendaraan berbahan bakar M-20. Pengujian pada konsumsi bahan bakar untuk variasi kecepatan 40 km/jam, 60km/jam dan 80km/jam pada kendaraan dengan bahan bakar campuran M-20 lebih tinggi dibandingkan E-20. Hasil emisi menunjukkan bahwa bahan bakar M-20 menghasilkan emisi CO yang lebih rendah dibandingkan E-20, namun nilai emisi HC yang dihasilkan oleh M-20 lebih tinggi dibandingkan E-20.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Kami sangat berterima kasih atas kerjasama tim di Laboratorium Bahan Bakar dan Aviassi, KPPP Teknologi Aplikasi Produk di Pusat Penelitian dan Balai Besar Pengujian Minyak dan Gas Bumi LEMIGAS Jakarta, Indonesia.

## DAFTAR ISTILAH / SINGKATAN

Simbol	Definisi	Satuan
BSFC	Brake Spesific Fuel Consumption	gr/kW-h
CA	Crank Angle	°C
DOHC	Dual Over Head Camshaft	
EGR	Exhaust Gas Recirculation	
EFI	Electronic Fuel Injection	
HC	Hidrocarbon	ppm
kW	kiloWatt	
LHV	Low Heat Value	MJ/Kg
RON	Research Octane Number	
RPM	Rotation Per Minute	
SI	Spark Ignition	

## KEPUSTAKAAN

- Arias D. A.**, Numerical and experimental study of air and fuel flow in small engine carburetors. PhD thesis. University of Wisconsin – Madison, 2005. p. 1.
- Balki, Mustafa Kemal, Cenk Sayin, and Mustafa Canakci**, “The effect of different alcohol fuels on the performance, emission and combustion characteristics of a gasoline engine.” *Fuel* 115 (2014): 901-906.
- Celik MB, Balki MK.**, The effect of LPG usage on performance and emissions at various compression ratio in a small engine. *J Fac Eng Arch Gazi Univ* 2007;22(1):81–6
- Caulfield S.**, Computational study of the air/fuel mixture in a small spark ignition engine. PhD thesis. The University of Wisconsin–Milwaukee, May 2007. p. 1–4.
- Eyidogan M, Canakci M, Ozsezen AN, Alptekin E, Turkcan A, Kilicaslan I.**, Investigation of the effect, of ethanol–gasoline and methanol-gasoline blends on the combustion parameters and exhaust emissions of a spark ignition engine. *J Fac Eng Arc Gazi Univ* 2011;26(3):499–507.
- Hsieh WD, Chen RH, Wu TL, Lin TH.**, Engine performance and pollution emission of an SI engine using ethanol-gasoline blended fuel. *Atmos Environ* 2002;36:403e10.
- Koederitz KR.**, Investigation of hydrocarbon sources and reduction in small four-stroke spark ignition engine. PhD thesis. Missouri University of Science and Technology; 2003. p. 1–7. **tKoc M, Sekmen Y, Topgul T, Yucesu HS.**, The effect of ethanol–unleaded gasoline blends on engine performance and exhaust emissions in spark– ignition engine. *Renew Energy* 2009;34(10):2101–6
- Kurdi, O., & Arijanto, A.** Aspek Torsi Dan Daya Pada Mesin Sepeda Motor 4 Langkah Dengan Bahan Bakar Campuran Premium–Methanol. *ROTASI*, 9(2), 54-60.



- Kar K, Cheng W, Ishii K.,** Effects of ethanol content on gasohol PFI engine wideopen-throttle operating. SAE Pap No. 2009-01-1907; 2009.
- Li J, Gong CM, Su Y, Dou HL, Liu XJ.,** Effect of injection and ignition timings on performance and emissions from a spark-ignition engine fueled with methanol. *Fuel* 2010;89:3919e25.
- L. Sileghem, A. Ickes, T. Wallner, S. Verhelst,** Experimental investigation of a diisopropanolamine production engine fuelled with methanol, ethanol, butanol and isostochiometric alcohol blends, SAE Technical Paper, (2015) No. 2015-01-0768.
- M.V.S.M. Krishna, V.V.R.S. Rao, T.K.K. Reddy, P.V.K. Murthy,** Comparative studies on performance evaluation of DI diesel engine with high grade low heat rejection combustion chamber with carbureted alcohols and crude jatropha oil, *Renew. Sustain. Energy Rev.* 36 (2014) 1e19.
- M.T. Muslim, H. Selamat, A.J. Alimin, N.M. Rohi, M.F. Hushim,** A review on retrofit fuel injection technology for small carbureted motorcycle engines towards lower fuel consumption and cleaner exhaust emission, *Renew. Sustain. Energy Rev.* 35 (2014) 279e284.
- M. Abu-Qudais, K.R. Asfar, R. Al-Azzam,** Engine performance using vaporizing carburetor, *Energy Convers. Manag.* 42 (2001) 755e761.
- Manufacturers of emission controls association.** Emission control of small spark-ignited off-road engines and equipment. <www.meca.org>, January 2009. p. 2–7.
- N.R. Banapurmath, P.G. Tewari,** Comparative performance studies of a 4- stroke CI engine operated on dual fuel mode with producer gas and Honge oil and its methyl ester (HOME) with and without carburetor, *Renew. Energy* 34 (2009) 1009e1015.
- Shenghua L, Clemente ERC, Tiegang H, Yanjv W.,** Study of spark ignition engine fueled with methanol/gasoline fuel blends. *Appl Therm Eng* 2007;27(11– 12):1904–10.
- Sakthivel, P., K. A. Subramanian, and Reji Mathai,** “Comparative studies on combustion, performance and emission characteristics of a two-wheeler with gasoline and 30% ethanol-gasoline blend using chassis dynamometer.” *Applied Thermal Engineering* 146 (2019): 726-737.
- S.P.S. Badwal et al.,** Direct ethanol fuel cells for transport and stationary applications – a comprehensive review, *Appl. Energy* 145 (2015) 80–103. **Xie FX, Li XP, Wang XC, Su Y, Hong W.,** Research on using EGR and ignition timing to control load of a spark-ignition engine fueled with methanol. *Appl Therm Eng* 2013;50:1084e91.
- Yanju W, Shenghua L, Hongsong L, Rui Y, Jie L, Ying W.,** Effects of methanol/gasoline blends on a spark ignition engine performance and emissions. *Energy Fuel* 2008;22:1254e9.
- Sakthivel, P., K. A. Subramanian, and Reji Mathai,** “Comparative studies on combustion, performance and emission characteristics of a two-wheeler with gasoline and 30% ethanol-gasoline blend using chassis dynamometer.” *Applied Thermal Engineering* 146 (2019): 726-737.
- Sugiyanto, D.** (2014). Pengaruh variasi jenis busi dan campuran bensin methanol terhadap kinerja motor 4 tak. *Jurnal Sainstech Politeknik Indonusa Surakarta*, 1(2), 8.
- V.S.M. Krishna, V.R.S. Rao, K.K. Reddy, V.K. Murthy,** Performance evaluation of medium grade low heat rejection diesel engine with carbureted methanol and crude jatropha oil, *Renew. Sustain. Energy Rev.* 34 (2014) 122e135.
- Wibowo, C.S., et al.,** The Optimization Performance of Mixed Fuel Gasoline RON 88,

92, 98 with Bioethanol on Spark Ignition Engine. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)* ISSN: 2278-0181 Vol. 9 Issue 09, September-2020

**Wibowo, C. S., Aisyah, L., Widhiarto, H., & Riyono, S.** (2015). Kebutuhan Angka Oktana Kendaraan Bermotor Mesin Bensin di Indonesia. *Lembaran publikasi minyak dan gas bumi*, 49(1), 33-40.

**Yanju W, Shenghua L, Hongsong L, Rui Y, Jie L, Ying W.**, Effects of methanol/gasoline blends on a spark ignition engine performance and emissions. *Energ Fuel* 2008;22:1254e9.

**Yusufuddin S, Mehdi SN.**, Effect of ignition timing, equivalence ratio, and compression ratio on the performance and emission characteristics of variable compression ratio SI engine using ethanol-unleaded gasoline blends. *IJE Trans B Appl* 2008;21(1):97e106.